INTRODUÇÃO

Os Controladores Lógicos Programáveis ou CLP's, são equipamentos eletrônicos utilizados em sistemas de automação flexível. São ferramentas de trabalho muito úteis e versáteis para aplicações em sistemas de acionamentos e controle, e por isso são utilizados em grande escala no mercado industrial. Permitem desenvolver e alterar facilmente a lógica para acionamento das saídas em função das entradas. Desta forma, podemos associar diversos sinais de entrada para controlar diversos atuadores ligados nos pontos de saída.

Mercado Atual – Rápido e Flexível

A roda viva da atualização, da qual fazemos parte, movimenta e impulsiona o mercado mundial atualmente. Os profissionais buscam conhecimentos para se tornarem mais versáteis, adequando-se às necessidades das empresas, que por sua vez, buscam maior variedade e rapidez de produção para atender ao cliente, que se torna cada vez mais exigente.
As empresas estão se reorganizando para atender as necessidades atuais de aumento de produtividade, flexibilidade e redução de custos. Destas necessidades surgiram as necessidades de os equipamentos se adequarem rapidamente às alterações de configurações necessárias para produzirem diversos modelos de produtos, com pequenas alterações entre si.

Automação

Em princípio, qualquer grandeza física pode ser controlada, isto é, pode Ter seu valor intencionalmente alterado. Obviamente, há limitações práticas; uma das inevitáveis é a restrição da energia de que dispomos para afetar os fenômenos: por exemplo, a maioria das variáveis climatológicas poder ser medida mas não controlada, por causa da ordem de grandeza da energia envolvida.
O controle manual implica em se ter um operador presente ao processo criador de uma variável física e que, de acordo com alguma regra de seu conhecimento, opera um aparelho qualquer (válvula, alavanca, chave, ...), que por sua vez produz alterações naquela variável.
No início da industrialização, os processos industriais utilizavam o máximo da força da mão-de-obra. A produção era composta por etapas ou estágios, nos quais as pessoas desenvolviam sempre as mesmas funções, especializando-se em certa tarefa ou etapa da produção. Assim temos o princípio da produção seriada.
O mesmo ocorria com as máquinas de produção, que eram específicas para uma aplicação, o que impedia seu uso em outras etapas da produção, mesmo que tivesse características muito parecidas.
Com o passar do tempo e a valorização do trabalhador, foi preciso fazer algumas alterações nas máquinas e equipamentos, de forma a resguardar a mão-de-obra de algumas funções inadequadas à estrutura física do homem. A máquina passou a fazer o trabalho mais pesado e o homem, a supervisioná-la.
Com a finalidade de garantir o controle do sistema de produção, foram colocados **sensores** nas máquinas para monitorar e indicar as condições do processo. O controle só é garantido com o acionamento de **atuadores** a partir do processamento das informações coletadas pelos sensores.
O controle diz-se *automático* quando uma parte, ou a totalidade, das funções do operador é realizada por um equipamento, freqüente mas não necessariamente eletrônico.

Controle *automático por realimentação* é o equipamento automático que age sobre o elemento de controle, baseando-se em informações de medida da variável controlada. Como exemplo: o controle de temperatura de um refrigerador.
O controle *automático por programa* envolve a existência de um programa de ações, que se cumpre com base no decurso do tempo ou a partir de modificações eventuais em variáveis externas ao sistema. No primeiro caso temos um programa temporal e no segundo um programa lógico.
Automatizar um sistema, tornou-se muito mais viável à medida que a Eletrônica avançou e passou a dispor de circuitos capazes de realizar funções lógicas e aritméticas com os sinais de entrada e gerar respectivos sinais de saída. Com este avanço, o controlador, os sensores e os atuadores passaram a funcionar em conjunto, transformando processo em um sistema automatizado, onde o próprio controlador toma decisões em função da situação dos sensores e aciona os atuadores.
Os primeiros sistemas de automação operavam por meio de sistemas eletromecânicos, com relés e contatores. Neste caso, os sinais acoplados à máquina ou equipamento a ser automatizado acionam circuitos lógicos a relés que disparam as cargas e atuadores.
As máquinas de tear são bons exemplos da transição de um sistema de automação rígida para automação flexível. As primeiras máquinas de tear eram acionadas manualmente. Depois passaram a ser acionadas por comandos automáticos, entretanto, estes comandos só produziam um modelo de tecido, de padronagem, de desenho ou estampa.
A introdução de um sistema automático flexível no mecanismo de uma máquina de tear, tornou possível produzir diversos padrões de tecido em um mesmo equipamento. Com o avanço da eletrônica, as unidades de memória ganharam maior capacidade e com isso armazenam todas as informações necessárias para controlar diversas etapas do processo. Os circuitos lógicos tornaram-se mais rápidos, compactos e capazes de receber mais informações de entrada, atuando sobre um número maior de dispositivos de saída. Chegamos assim, aos micro-controladores responsáveis por receber informações das entradas, associá-las às informações contidas na memória e a partir destas desenvolver um a lógica para acionar as saídas.
Toda esta evolução nos levou a sistemas compactos, com alta capacidade de controle, que permitem acionar diversas saídas em função de vários sinais de entradas combinados logicamente.
Um outra etapa importante desta evolução é que toda a lógica de acionamento pode ser desenvolvida através de software, que determina ao controlador a seqüência de acionamento a ser desenvolvida. Este tipo de alteração da lógica de controle caracteriza um sistema flexível. Os CLP's são equipamentos eletrônicos de controle que atuam a partir desta filosofia.

A AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Antes de iniciarmos nosso estudo dos controladores programáveis, precisamos sedimentar alguns conceitos importantes. Um destes conceitos está relacionado com às respostas para algumas perguntas :

O que é controle ?

Conforme o dicionário (Aurélio Buarque de Holanda Ferreira) podemos definir a palavra controle como segue:

[*Do fr. contrôle.] S. m. 1. Ato, efeito ou poder de controlar; domínio, governo. 2. Fiscalização exercida sobre as atividades de pessoas, órgãos, departamentos, ou sobre produtos, etc., para que tais atividades, ou produtos, não se desviem das normas preestabelecidas.*

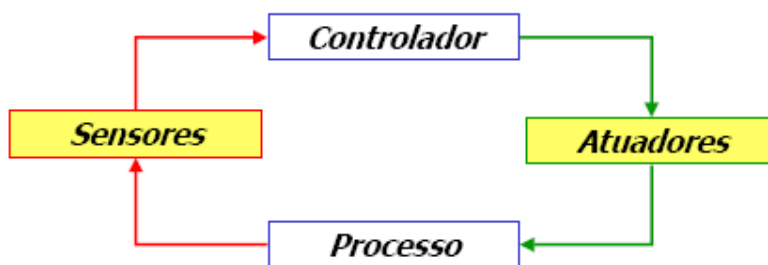



Figura 1- Diagrama de blocos de um sistema de automação

O controle, vendo sob o ponto de vista tecnológico, tem um papel importantíssimo no desenvolvimento de ações planejadas, modelando processos desde os mais simples até os mais complexos.

O que é automação industrial ?

Todas as vezes, relacionado a um processo, que introduzimos alguma nova técnica de controle estamos falando de automação industrial. Na verdade a utilização destas técnicas estará diretamente relacionada com o aumento de produtividade, qualidade, flexibilidade e confiabilidade. Note que o termo automação descreverá um conceito muito amplo, envolvendo um conjunto de técnicas de controle, das quais criamos um sistema ativo, capaz de fornecer a melhor resposta em funções das informações que recebe do processo em que está atuando. Dependendo das informações o sistema irá calcular a melhor ação corretiva à ser executada. Neste ponto podemos verificar as características relacionadas com os sistemas em malha fechada, também denominados sistemas realimentados (ver figura 1). A teoria clássica de controle define e modela, matematicamente, estas características dando uma conotação científica e tecnológica a este assunto.

NOÇÕES DE LÓGICA COMBINACIONAL:

Nesta seção iremos trabalhar alguns conceitos importantes para o desenvolvimento de um processo lógico de raciocínio que mas adiante nos permitirá compreender como serão relacionados todos os fatores relevantes à elaboração de projetos envolvendo controladores programáveis.

OPERAÇÕES FUNDAMENTAIS:

A teoria matemática das proposições lógicas foi apresentada em 1854(1), pelo filósofo e matemático inglês George Boole (1815-1864), definindo assim os conceitos básicos da chamada álgebra de Boole para dois valores (sistema binário). Mas foi somente em 1938(2), que o engenheiro americano Claude Elwood Shannon, aplicou a teoria de Boole ao estudo e simplificação de funções usadas em telefonia, percebendo que as leis que regem as relações entre proposições lógicas eram as mesmas que se aplicavam para dispositivos de chaveamento de dois estados, já que estes dispositivos podem assumir os seguintes estados, como por exemplo : "ligado" ou "desligado", "aberto" ou "fechado", "potencial alto" ou " potencial baixo", "verdadeiro" ou "falso".

(1) Intitulado como *An Investigation of the Laws of Thought*
(2) Trabalho entitulado como *Symbolic Analysis of Relay and Switching*

FUNÇÕES BOOLEANAS

A álgebra de Boole está estruturada da seguinte maneira : Um conjunto **S**; três operações definidas sobre **S** (operação **E**, **OU** e **COMPLEMENTO**); Os caracteres ***0*** e ***1***. Não abordaremos de forma detalha os teoremas, postulados e leis desta teoria.
Mas a idéia de uma função lógica segue o mesmo conceito das funções da álgebra tradicional, onde uma função assume um único valor para cada combinação de valores possíveis assumidos pelas suas variáveis. Note, que na realidade uma função lógica (booleana) com n variáveis irá apresentar um total de combinações dadas por 2^n.
Se adotarmos um procedimento formal para análise dos valores possíveis para uma função booleana chegaremos a conclusão que o processo seria bastante cansativo e muito susceptível a erros, relacionados basicamente com a falta de atenção. Para facilitar esta análise foi proposta, pelo matemático inglês Charles Lutwidge Dogson(3)
(1832-1898), uma forma tabular de representação conhecida como tabela verdade (truth table). A seguir mostraremos as equações algébricas e a tabela verdade dos operadores fundamentais da álgebra booleana.

(3) Cujo pseudônimo era Lewis Carrol, nome adotado quando escreveu o livro *Alice no País das Maravilhas*

OPERADOR "AND":

Equação Algébrica	Tabela Verdade		
	A	**B**	**F = A AND B**
	0	0	0
F = A . B	0	1	0
	1	0	0
	1	1	1

OPERADOR "OR":

Equação Algébrica	Tabela Verdade		
	A	**B**	**F = A OR B**
	0	0	0
F = A + B	0	1	1
	1	0	1
	1	1	1

OPERADOR "NOT":

Equação Algébrica	Tabela Verdade	
	A	**F = NOT A**
$F = \overline{A}$	**0**	**1**
	1	**0**

OPERADOR "NAND":

Equação Algébrica	Tabela Verdade		
	A	**B**	**F = A NAND B**
	0	**0**	**1**
$F = \overline{A \cdot B}$	**0**	**1**	**1**
	1	**0**	**1**
	1	**1**	**0**

OPERADOR "NOR":

Equação Algébrica	Tabela Verdade		
	A	**B**	**F = A NOR B**
	0	**0**	**1**
$F = \overline{A + B}$	**0**	**1**	**0**
	1	**0**	**0**
	1	**1**	**0**

OPERADOR "XOR":

Equação Algébrica	Tabela Verdade		
	A	**B**	**F = A XOR B**
	0	**0**	**0**
$F = \overline{A} \cdot B + A \cdot \overline{B}$	**0**	**1**	**1**
	1	**0**	**1**
	1	**1**	**0**

TIPOS DE SINAIS

SINAIS ANALÓGICOS:

São sinais que variam continuamente no tempo conforme uma regra de comparação à uma referência definida.
Exemplos: potenciômetros, transdutores de temperatura, pressão, célula de carga, umidade, vazão, medidores, válvulas e atuadores analógicos, acionamentos de motores, etc.

SINAIS DIGITAIS:

São sinais que variam continuamente no tempo assumindo apenas dois valores definidos e distintos. Podemos ainda encontrá-los subdivididos em dois tipos:

- SINGLE BIT:

Dispositivos deste tipo apresentam sinais que poderão ser representados por bits individuais.
Exemplos: botões, chaves seletoras, chaves fim-de-curso, pressostatos, termostatos, chaves de nível, contatos de relês, contatos auxiliares de contatores, alarmes, solenóides, lâmpadas, bobinas de relês, bobinas de contatores, etc.

MULTI BIT:

Dispositivos deste tipo apresentam sinais representados por bits agrupados em conjunto, formando assim o que chamamos de "palavra binária".
Exemplos: encoder absoluto, chave thumbwheel, etc.

DEFINIÇÃO (IEC 61131-1):

Sistema eletrônico digital, desenvolvido para uso em ambiente industrial, que usa uma memória Programável para armazenamento interno de instruções do usuário, para implementação de funções específicas, tais como, lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de entradas e saídas, vários tipos de máquinas e processos.
O CP e seus periféricos, ambos associados, são projetados de forma a poder ser integrados dentro de um sistema de controle industrial e finalmente usados a todas as funções as quais é destinado.

Histórico

O Controlador Lógico Programável – CLP – nasceu dentro da General Motors, em 1968,
devido a grande dificuldade de mudar a lógica de controle dos painéis de comando a cada mudança
na linha de montagem. Tais mudanças implicavam em altos gastos de tempo e dinheiro.
Sob a liderança do engenheiro Richard Morley, foi preparada uma especificação que
refletia as necessidades de muitos usuários de circuitos e relés, não só da indústria automobilística como de toda a indústria manufatureira.

Nascia assim um equipamento bastante versátil e de fácil utilização, que vem se aprimorando constantemente, diversificando cada vez mais os setores industriais e suas aplicações,
o que justifica hoje um mercado mundial estimado em 4 bilhões de dólares anuais.

Vantagens

- menor espaço
- menor consumo de energia elétrica
- reutilizáveis
- programáveis
- maior confiabilidade
- maior flexibilidade
- maior rapidez na elaboração dos projetos
- interfaces de comunicação com outros CLPs e computadores

PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Podemos apresentar a estrutura de um CLP dividida em três partes: entrada, processamento e saída.

Figura 1 – Estrutura básica de um CLP

Os sinais de entrada e saída dos CLPs podem ser digitais ou analógicos. Existem diversos tipos de módulos de entrada e saída que se adequam as necessidades do sistema a ser controlado.
Os módulos de entrada e saídas são compostos de grupos de bits, associados em conjunto de 8 bits (1 byte) ou conjunto de 16 bits, de acordo com o tipo da CPU.
As entradas analógicas são módulos conversores A/D, que convertem um sinal de entrada em um valor digital, normalmente de 12 bits (4096 combinações). As saídas analógicas são módulos conversores D/A, ou seja, um valor binário é transformado em um sinal analógico.
Os sinais dos sensores são aplicados às entradas do controlador e a cada ciclo (varredura) todos esses sinais são lidos e transferidos para a unidade de memória interna denominada memória
imagem de entrada. Estes sinais são associados entre si e aos sinais internos. Ao término do ciclo de
varredura, os resultados são transferidos à memória imagem de saída e então aplicados aos terminais de saída. Este ciclo esta representado na figura 2.

Figura 2 – Ciclo de processamento dos CLPs

ASPECTOS DE HARDWARE:

O diagrama de blocos abaixo representa a estrutura básica de um controlador programável com todos os seus componentes. Estes componentes irão definir o que denominamos configuração do CLP.

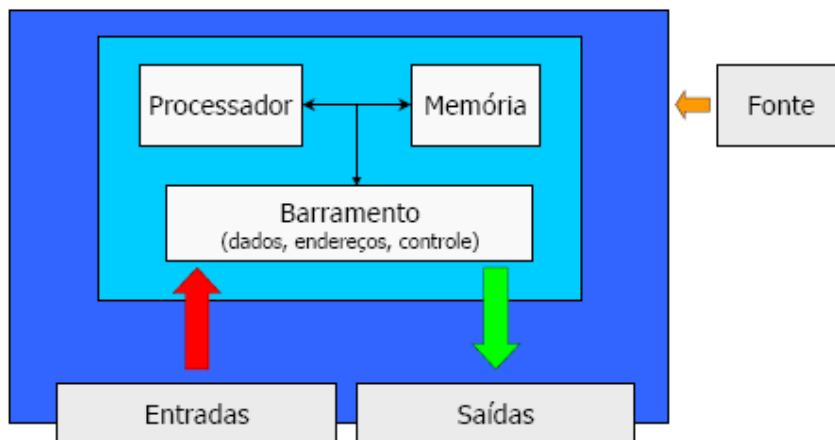



Figura 2 - Diagrama de blocos simplificado de um controlador programável

Características dos CLP's:

- Facilmente programável e reprogramável;
- Manutenção facilitada (módulos de encaixe);
- Maior confiabilidade que os painéis a relé/contatores;
- Tamanho reduzido.
- Capacidade de comunicação com sistemas de coleta de dados;
- Facilidade de expansão;

Principais Fabricantes de CLP’s:

- GE-FANUC → 90/70 e 90/30;
- Allen Bradley → PLC5 e SLC5;
- Directsoft Koyo → DL5;
- Altus → AL2003;
- Siemens → Simatic S5 e S7;

Funções do CLP:

- Lógica de intertravamento;
- Retenção de variáveis;
- Temporização;
- Funções aritméticas;
- Controle PID;
- Manipulação de dados;
- Interface com computadores;
- Etc.

Componentes básicos dos CLP’s:

- Rack ou chassi;
- Fonte;
- CPU;
- Memória;
- E/S Digitais;
- E/S analógicas;
- Interfaces de Comunicação.

Rack do CLP:

- É o bastidor onde são encaixados os cartões do CLP (fonte, CPU, E/S, módulos de comunicação, etc).
- Servem para dar proteção mecânica aos cartões, blindagem eletrostática e suportam o barramento de interligação (back plane) qual são ligados os cartões.

Fontes de Alimentação:

- Fornece tensão para o Black Plane para alimentar a CPU e demais cartões instalados no Chassi.
- São fornecidas com diversas tensões (120VAC, 24VDC) e várias correntes nominais de trabalho.

Unidade Central de Processamento (CPU):

Processa o programa lógico do CLP, armazenando dados na memória, executando as funções lógicas, temporização, contagem, retenção, comparação, operações aritméticas, PID, Totalização e manipulação de dados.

A CPU é o cérebro do sistema. Ela lê o sinal das entradas na memória de dados, executa operações aritméticas e lógicas baseadas na memória de programa, e gera os comandos apropriados para a memória de dados controlar o estado das saídas.
Abaixo são apresentadas algumas considerações e características principais:
Utiliza microprocessadores ou microcontroladores de 8,16 ou 32 bits e, em CP's maiores, um coprocessador (microprocessador dedicado) adicional para aumentar a capacidade de processamento em cálculos complexos com aritmética de ponto flutuante.
A maioria dos fabricantes de CP's especificam os tempos de varredura como função do tamanho do programa (p.e.10ms/1k de programa), e situam-se na faixa desde 0,3 até 10ms/k, caracterizando a existência de CP's rápidos e lentos.
Alguns fabricantes provêem recursos de hardware e software que possibilitam interrupções na varredura normal de forma a "ler" uma entrada ou "atualizar" uma saída imediatamente.
Recursos de auto-diagnose para detecção e indicação de falhas (Comunicação, memória, bateria, alimentação, temperatura, etc.) são também disponíveis em alguns CP's. Normalmente os indicadores estão localizados na parte frontal do cartão da UCP.

MEMÓRIAS

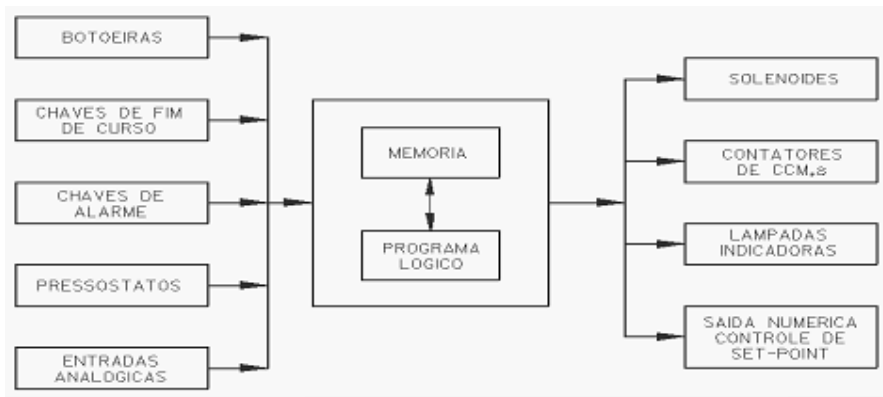
Memória de Dados : também conhecida como memória de rascunho. Serve para armazenar temporariamente os estados E/S, marcadores presets de temporizadores/ contadores e valores digitais para que o CPU possa processá-los. A cada ciclo de varredura a memória de dados é atualizada. Geralmente memória RAM.
Memória de Usuário : serve para armazenar as instruções do software aplicativo e do usuário (programas que controlam a máquina ou a operação do processo), que são continuamente executados pela CPU. Pode ser memória RAM, EPROM, EPROM, NVRAM ou FLASH-EPROM.

Cartões de entrada e saída:

O hardware, de E/S, freqüentemente chamado de módulos de E/S, é a interface entre os dispositivos conectados pelo usuário e a memória de dados. Na entrada, o módulo de entrada aceita as tensões usuais de comando (24VCC,110/220 VCA) que chegam e as transforma em tensões de nível lógico aceitos pela CPU. O módulo de saída comuta as tensões de controle fornecidas, necessárias para acionar vários dispositivos conectados.
Os primeiros CP's, como já mencionado anteriormente, eram limitados a interfaces de E/S discretas, ou seja, admitiam somente a conexão de dispositivos do tipo ON/OFF (liga/desliga, aberto/fechado, etc.), o que, naturalmente, os limitavam um controle parcial do processo, pois, variáveis como temperatura, pressão, vazão, etc., medidas e controladas através de dispositivos operados normalmente com sinais analógicos, não eram passíveis de controle. Todavia, os CP's de hoje, provêem de uma gama completa e variada de interfaces discretas e analógicas, que os habilitam a praticamente qualquer tipo de controle.
As entradas e saídas são organizadas por tipos e funções, e agrupadas em grupos de 2, 4, 8, 16 e até 32 "pontos" (circuitos) por interface (cartão eletrônico) de E/S. Os cartões são normalmente do tipo de encaixe e, configuráveis, de forma a possibilitar uma combinação adequada de pontos de E/S, digitais e analógicas.
A quantidade máxima de pontos de E/S, disponíveis no mercado de CP's, pode variar desde 16 a 8192 pontos normalmente, o que caracteriza a existência de pequenos, médios e grandes CP's.
Embora uma classificação de CP's devesse considerar a combinação de diversos aspectos (n.º de pontos de E/S, capacidade de memória, comunicação, recursos de software e programação,

etc.), para propósitos práticos, podemos considerar a seguinte classificação: Micro e Mini CP´s; CP´s de pequeno porte; CP´s de médio porte; CP´s de grande porte.

- Fazem interface entre o CLP e os Dispositivos de campo, adaptando os sinais do processo para o controlador.
- Fazem a isolação elétrica e filtram os ruídos do circuito.
- Possuem leds indicadores do estado da entrada/saída, proteção contra sobrecorrente (fusível) e sobretensão.

Tipos de dispositivo de entrada e saída:

Sinais tipicos de entrada/saida:

- E/S Digitais 115VAC & 115 VCC;
- E/S Digitais 24-48 Vcc;
- E/S Analógicas 1 a 5 Vcc, 4 à 20mA;
- Contador de alta velocidade (pulsos)
- Interface serial;
- Entrada de Termopar;
- RTD.

Instrumentos ligados a um cartão de Entrada Digital:

- Pressostatos;
- Termostatos;
- Chaves de nivel;
- Botoeiras;
- Chaves de fim de curso;
- Etc.

Instrumentos Ligados a um cartão de entrada analógica:

- Transmissores de nivel;
- Transmissores de pressão;
- Transmissores de temperatura;
- Transmissores de vazão;

- Etc.

Instrumentos Ligados a um Cartão de Saida Digital:

- Solenóides ;
- Contatores;
- Relés;
- Lâmpadas de sinalização;
- Buzina de Alarme.

Cartão de saída analógica:

- Sinais numéricos em 16 bit's (WORD) são gerados durante o processamento do programa ladder pela CPU, e associados a cada saída do cartão analógico.
- Os cartões de saídas analógicas convertem o valor numérico para um valor analógico padrão.
- Ex.: 4 a 20mA, 1 a 5V, etc.

PERIFÉRICOS:

Dentre os diversos equipamentos periféricos ao CP's podemos destacar os de programação, que basicamente, tem por finalidade principal a introdução do programa de controle na memória do CP e a visualização e documentação do mesmo.
Os equipamentos de programação mais comumente utilizados são os seguintes:

TERMINAL INTELIGENTE
Sendo microprocessado, é capaz de executar funções de edição de programas e outras independentemente da UCP do controlador. Ele possui sua própria memória com software para criação, alteração e monitoração dos programas. A grande vantagem é a de poder também editar e armazenar os programas de controle sem estar acoplados ao CP. Esta capacidade é conhecida como programação “off-line”.
Em geral, estes terminais possuem acionadores de ”Floppy-Disks” (discos flexíveis) e programadores de EPROM's o que possibilita também o arquivo de programas tanto em Floppy-Disks como em EPROM's.
Alguns terminais possuem ainda uma interface de rede o que permite acoplá-los às redes locais de comunicação. Este arranjo permite o terminal acessar qualquer CP na rede, alterar parâmetros ou programas, e monitorar quaisquer elementos sem estar acoplado diretamente a qualquer CP. Com software adequado, este arranjo pode permitir também um meio centralizado de aquisição e apresentação, inclusive gráfica, dos dados dos diferentes controladores da rede.
Uma desvantagem, é que estes terminais não são intercambiáveis entre diferentes fabricantes de CP's.

MICROCOMPUTADORES:

Com o advento dos microcomputadores pessoais (PC's) e com a crescente utilização dos mesmos em ambientes industriais, a grande maioria dos fabricantes desenvolveram software especiais que possibilitaram utilizá-los também como programadores tanto “on line” como “off line”. A grande maioria destes software foram desenvolvidos com base na linha de micros

compatíveis com os IBM-PC's, facilitando inclusive a compilação de programas em linguagens de alto nível (BASIC, C, PASCAL,etc.).
Há atualmente uma acentuada utilização destes equipamentos com CP's, principalmente como Interface Homem-Máquina/Processo no nível de Supervisão do controle de processos.

MINI-PROGRAMADORES (TERMINAIS DE BOLSO):

São bastante compactos, assemelhando-se em muito com as calculadoras de mão. Este equipamento é preferencialmente utilizado para aplicação no campo, para testes e parametrização.

OUTROS PERIFÉRICOS:

Ainda dentro da família de equipamentos periféricos aos CP's podemos destacar os seguintes:

INTERFACE HOMEM/MÁQUINA: Com dimensões reduzidas, são utilizados principalmente para introdução e visualização de dados e mensagens. São compostos de um teclado numérico-funcional, muitas vezes do tipo membrana, e de display alfanumérico, sendo gerenciados por um microprocessador.

IMPRESSORAS: São utilizadas normalmente para prover cópia do programa de controle e geração de relatórios e mensagens ao operador. A comunicação é feita normalmente através de interfaces de comunicação serial padrão RS 232C.

INTERFACEAMENTO DE PERIFÉRICOS:

COMUNICAÇÃO SERIAL: É a mais comumente utilizada para a maioria dos periféricos e é feita utilizando-se simples cabos de par traçado. Os padrões mais utilizados são o RS 232C, loop de corrente 20mA, e o RS-422/RS-485 em alguns casos.

RS-232C: Este padrão define basicamente as características dos sinais elétricos, bem como os detalhes mecânicos (pinagem) da interface.
É empregada para velocidades de transmissão de até 20k baud (bits/seg) e distância máxima de 15 metros. (Com a utilização dos modems esta distância pode ser ampliada).

RS-422/RS-485: É uma versão melhorada do padrão RS-232C. Ela possibilita, principalmente, o emprego de velocidade de transmissão de até 100k baud para distância de até 1200m, podendo alcançar velocidades da ordem de MBaud para distâncias menores.

LOOP DE CORRENTE 20mA: A interface de loop de corrente é idêntica a RS-232C e, evidentemente como é baseada em níveis de corrente em vez de tensão, possibilita o emprego em distâncias bem maiores. Muitos CP's oferecem ambos os padrões, RS-232C e loop de corrente.

ASPECTOS DE SOFTWARE:

Além do número de pontos de E/S, o que determina a utilização de um CP são os recursos de software disponíveis, isto é, que funções ele pode executar. Todos os CP's possuem as seguintes funções básicas de software :

- Lógica E, OU e XOR;
- SET e RESET
- Temporização e contagem;

- Cálculos com aritmética básica (+,-,x,÷);
- Parênteses (para associação de lógicas);
- Comparação de valores;
- Registrador de deslocamento;
- Salto.

A medida que os CP's tem sua capacidade de processamento aumentada, surge a necessidade de funções de software mais avançadas, tais como:

- Cálculos com ponto flutuante;
- Cálculos integrais e trigonométricos;
- Malhas de controle PID;
- Posicionamento;
- Contagem rápida;
- Leitura de sinais analógicos;
- Leitura de sinais de temperatura;
- Linearização de sinais analógicos;
- Lógica fuzzi;
- Outros.

Linguagens de Programação:

A programação traduz as funções a serem executadas; para tanto ela deve ser a mais simples possível. Utilizando-se de linguagem específica, baseando-se na memotécnica, a linguagem de programação usa abreviações, figuras e números de tal forma a formar-se acessível a todos os níveis tecnológicos.
Os tipos de funções são associações lógicas ("E", "OU", etc), funções de memória (SET, RESET, etc), funções de contagem, temporização, aritméticas e outras mais específicas. A forma visual que a instrução se apresenta depende unicamente do tipo de sistema utilizado pelo programador. Seja por exemplo, a associação lógica "OU" entre duas informações que chamaremos de entradas por traduzirem informações do processo. O resultado desta associação será armazenado em uma memória para depois ser utilizado, na dependência da ordem de operação. Podemos representar essa associação na forma de diagrama de contatos (Ladder).

Podemos ainda representar a associação através de um esquema de funcionamento ou diagrama lógico.
As vantagens e desvantagens de cada uma das formas de linguagem de programação são dependentes dos conhecimentos do programador.
A linguagem mais difundida até agora tem sido o diagrama de contatos (LADDER), devido a semelhança com os esquemas elétricos usados para o comando convencional e a facilidade de visualização nas telas de vídeo dos programadores (CRT).
As funções aplicadas aos processadores de palavra (byte processor) são baseadas na mesma filosofia, porém as operações são de uma gama mais variada.
O Software pode apresentar-se de forma linear, onde o programa é varrido desde a primeira instrução até a última não importando-se com a necessidade ou não de ser executada parte do programa.
Essa programação linear é característica dos processadores mais simples (Bit Processor).
Outra forma de programação é a programação estruturada onde um programa principal é lido e, conforme a seqüência dos eventos, os blocos de programa e funções são executados.
A programação estruturada permite a otimização do Software adaptando assim as necessidades de cada comando, oferecendo ainda a possibilidade de utilização de subrotinas e subprogramas.

Alguns Softwares de programação permitem migrar de uma linguagem para outra. Como por exemplo, de Ladder para lista de instrução, de Ladder para diagrama lógico e vice versa.

- Linguagem gráfica:
    - Diagrama de lógica de relé (Ladder) ;
    - Diagrama de Blocos de funções (FBD);
- Linguagem textual
    - Lista de instruções (IL);
    - Texto Estruturada (ST).

Exemplos de linguagem de programação:

Listas de instruções

```
.......
0001  STR         X001
0002  OR          X002
0003  AND   NOT   X003
0004  AND   NOT   C020
0005  OUT         C001
0006  STR         C001
0007  TMR   V001  V002
0008  OUT         C050
........
........
```

Diagrama de contatos

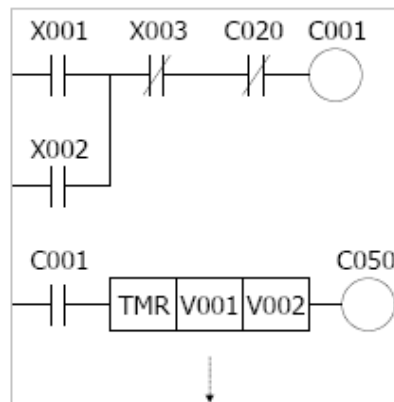
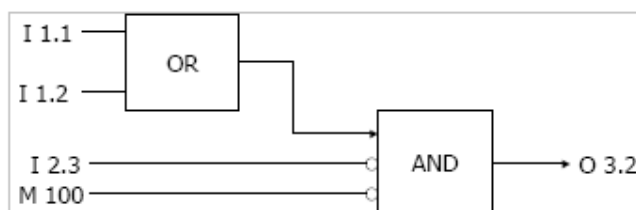
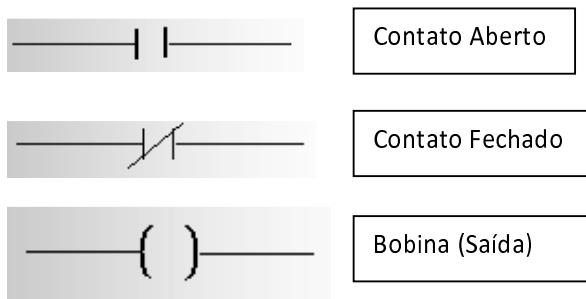
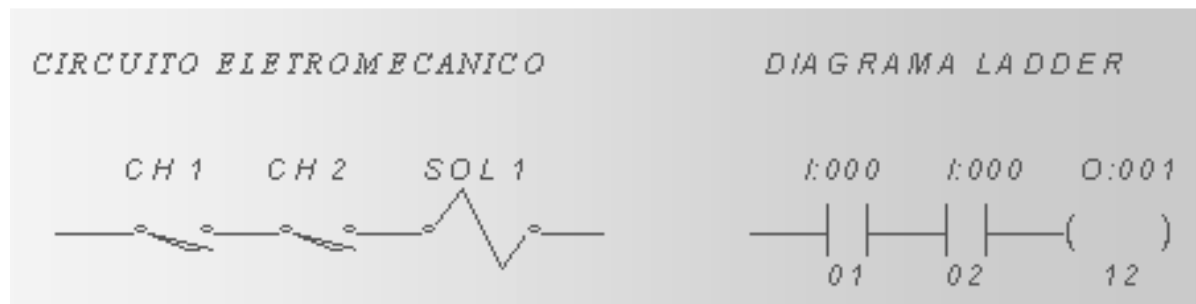
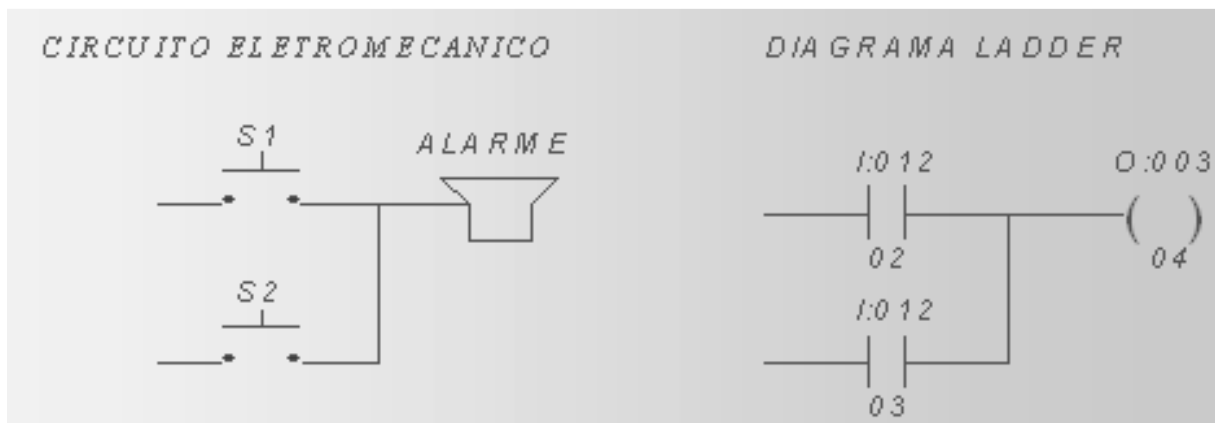
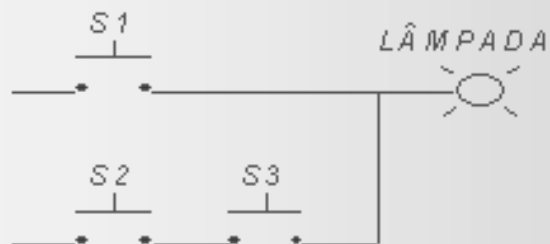
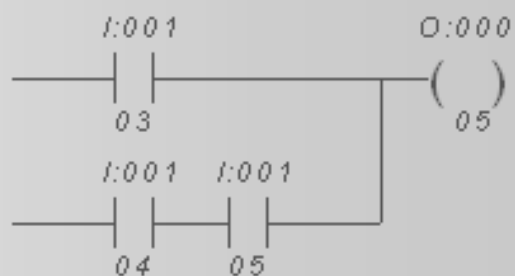
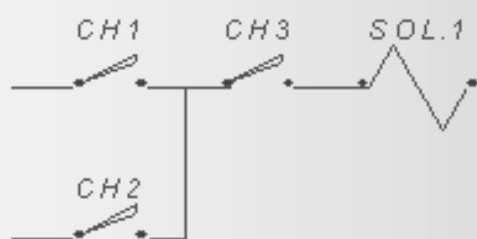
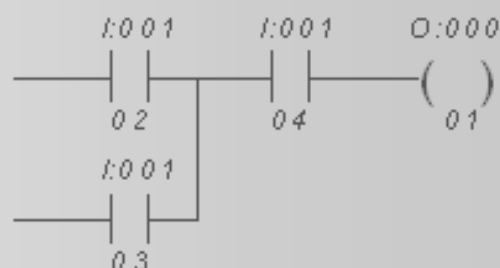
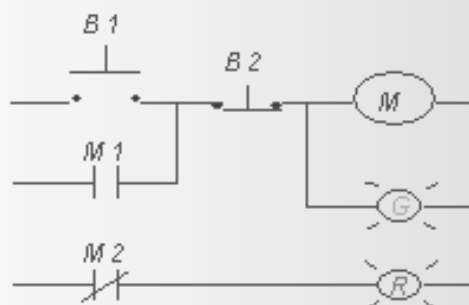
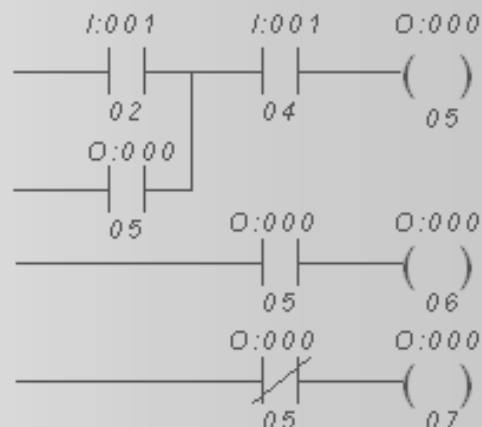
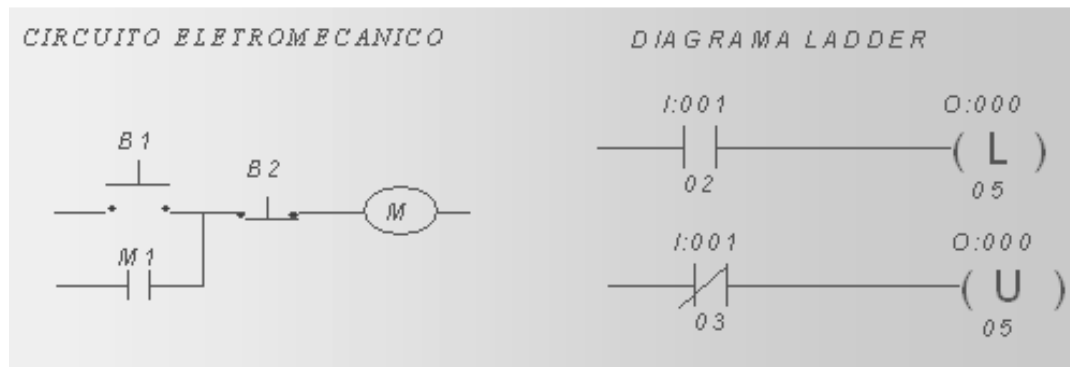



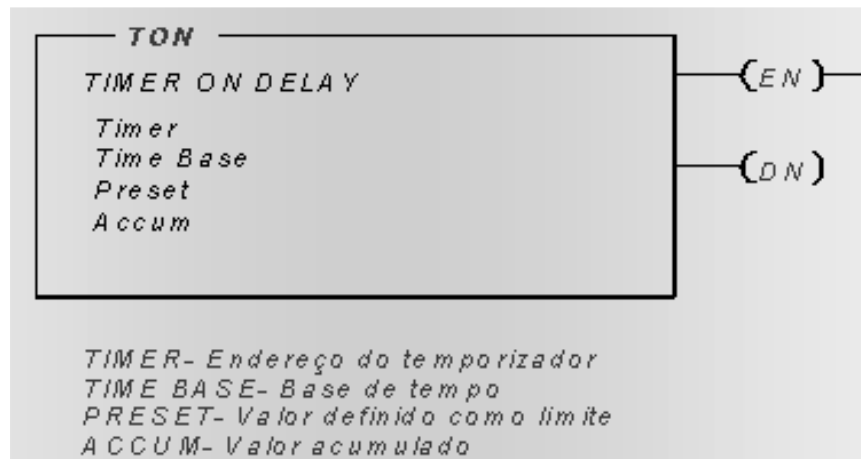
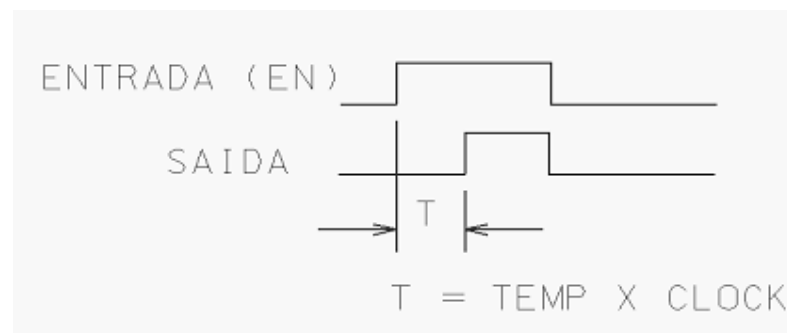
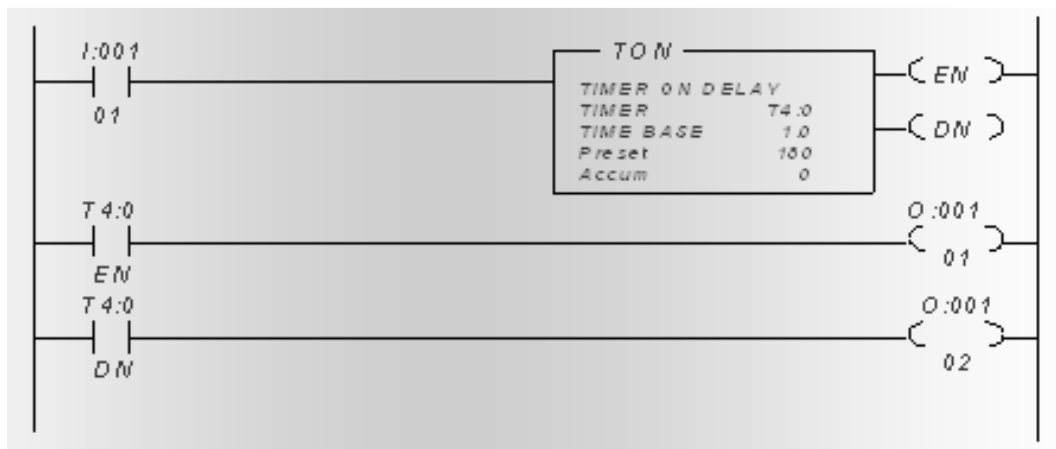
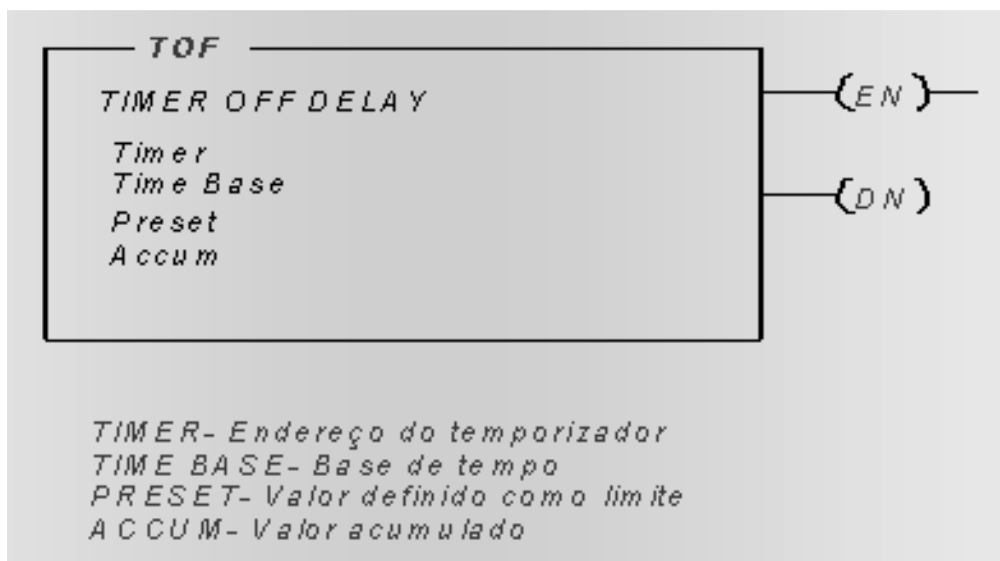
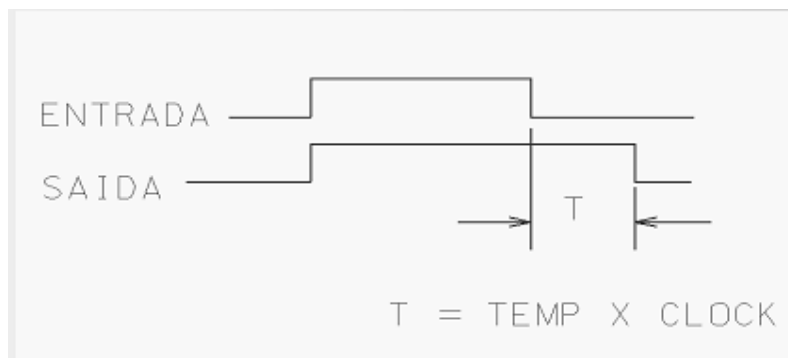
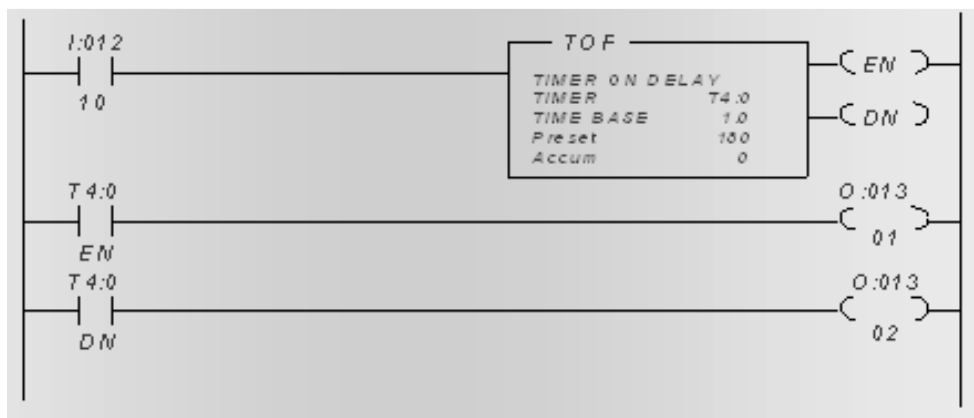
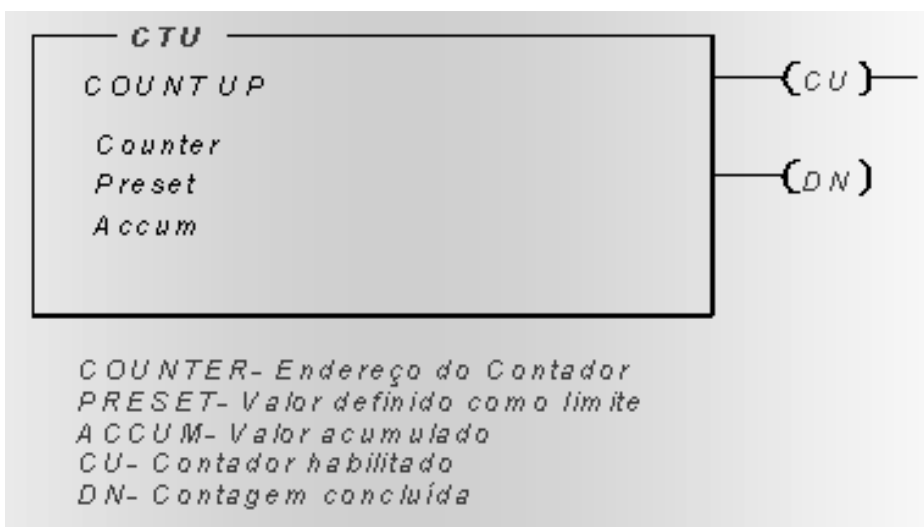
Diagrama de blocos

Endereçamento:

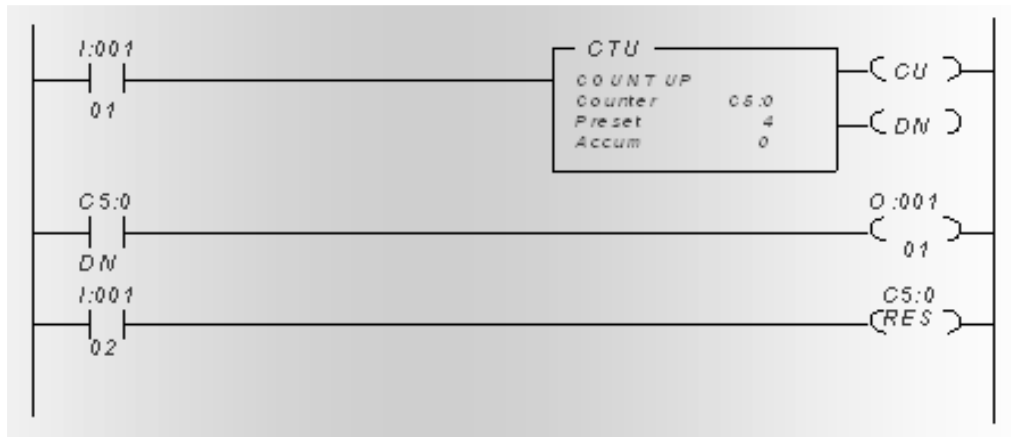
- É um numero ou código usado para identificar cada ponto físico de entrada ou saída do CLP ou algum ponto interno.
- Cada registro (Conjunto de 16 Bits) associado a um grupo de E/S ou pontos internos também tem um endereço.
- O Endereço serve para referenciar pontos ou registros no programa Ladder.

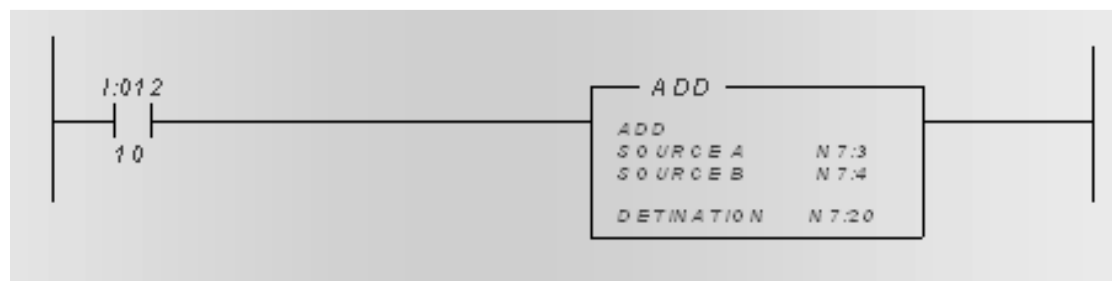
Diagrama Ladder:

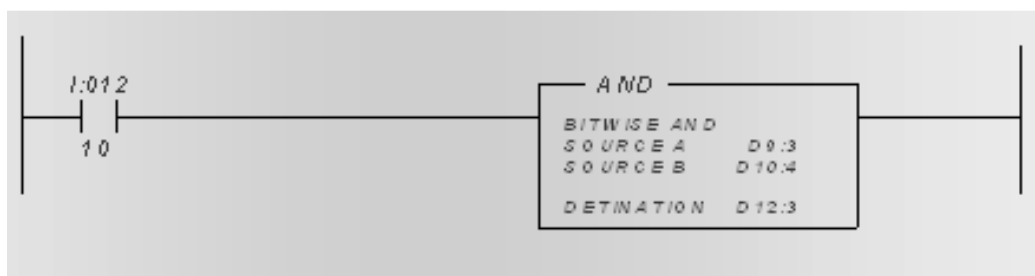
- Forma de programação usada para passar instruções ao CLP sobre como deve ser executado o plano de controle.
- Utiliza simbolos similares aos usados em diagrama elétrico de reles como linguagem de programação.

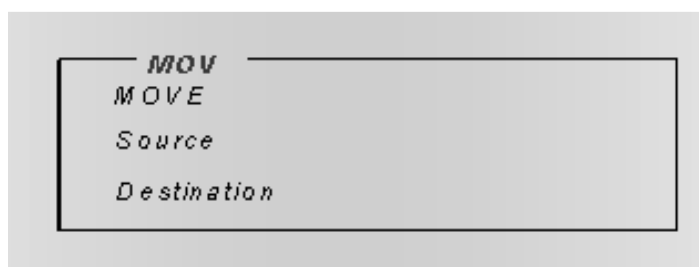
Instruções do tipo Relé:

Exemplo de instruções do tipo relé – circuito série:

Exemplo de instruções do tipo relé – circuito Paralelo:

Exemplo de instruções do tipo relé – circuito série - Paralelo:

Exemplo de Bobina Retentiva:

Instruções de temporização (TON):

A entrada vai a um, aí o circuito conta o tempo definido, aí a saída é ligada.

Funcionamento:

Aplicação de um temporizador (TON):

Instrução de Temporização (TOF):

Funcionamento:

Aplicação de um temporizador (TOF):

Instruções de contador (CTU):

Aplicação de um contador:

I:001
01
CTU
COUNT UP
Counter C5:0
Preset 4
Accum 0
CU
DN
C5:0
DN
O:001
01
I:001
02
C5:0
RES

Aplicação de uma instrução aritmética:

I:012
10
ADD
ADD
SOURCE A N7:3
SOURCE B N7:4
DETINATION N7:20

Aplicação de uma instrução Lógica:

I:012
10
AND
BITWISE AND
SOURCE A D9:3
SOURCE B D10:4
DETINATION D12:3

Instrução de Movimentação:

MOV
MOVE
Source
Destination

SISTEMAS ASSOCIADOS:

Atualmente os controladores programáveis trabalham isoladamente, exceto em aplicações muito pequenas, e de maneira geral eles compõem com outros equipamentos um sistema integrado de controle. A seguir abordaremos algumas questões interessantes com relação a este aspecto.

REDES DE COMUNICAÇÃO:

A necessidade de interligação de vários equipamentos “inteligentes”, sejam eles CPs ou computadores, fez desenvolver-se o conceito de redes locais.
As mesmas tem aplicações em diversas áreas como automação de escritórios, comercial, bancária e industrial, com requisitos próprios para cada área.

Uma rede local industrial deve possuir as seguintes características:
- Capacidade para suportar controle em tempo real.
- Alta integridade dos dados através de detecção de erro.
- Alta imunidade à ruído.
- Alta confiabilidade em ambiente desfavorável.
- Adequação a grandes instalações.

A fim de permitir processamento de dados (aquisição) centralizado e controle distribuído, adequando desta forma os tempos de varredura e capacidade de memória dos vários integrantes da rede, a mesma, bem como, os CP’s a ela acoplados, devem prover as seguintes funções:

- Comunicação entre CP’s e outros centralizadores (um outro CP, computador,etc.).
- Transferência de dados de um terminal ou computador a qualquer CP.
- Transferência de dados de qualquer CP a um terminal ou computador.
- Operação de leitura/escrita de valores de registros de E/S de qualquer CP.
- Monitoração de estado do CP e controle de sua operação.

As redes de comunicação de CP’s existentes no mercado caracterizam-se pela diversidade das técnicas adotadas (topologias, métodos de acesso, protocolos, etc.) e capacidade de transmissão, com velocidades de 19.2 KBaud à até 2M baud.
A topologia de uma rede define como os nós (no caso, os CP’s, computadores, terminais, etc.) estão conectados à mesma, e pode configurar-se basicamente de 3 formas: Estrela, Barramento Anel, onde os fatores desempenho do fluxo de dados, custos de implementação e confiabilidade, variam com o uso de uma ou outra configuração, sendo muitas vezes utilizada uma composição das mesmas.
Como já mencionado anteriormente, a topologia tipo barramento requer que seja definido o método no qual um CP possa acessar a rede para a transmissão de uma informação.
Os métodos mais comumente utilizados são:

“POLLING (ELEIÇÃO), DETEÇÃO DE COLISÃO e “TOKEN PASSING” (PASSAGEM DE FICHAS)
Os tipos atualmente mais utilizados em CP’s são os cabos de par trançado e coaxiais. Os primeiros, bem mais baratos, em aplicações ponto-a-ponto podem cobrir distâncias de até 1200 metros, com velocidades de até 250k baud. Todavia, em aplicações com topologia de barramento comum, a velocidade máxima de transmissão recomendada é de 19.2 kBaud.
Em algumas aplicações já utiliza-se fibra ótica, porém os custos envolvidos com esta tecnologia ainda são elevados.

Podemos dizer que, basicamente, um protocolo é um conjunto de regras que devem ser atendidas para que dois ou mais equipamentos "inteligentes" possam se comunicar, e cada fabricante de CP possui a sua "regra", ou seja, seu protocolo de comunicação.
Esta incompatibilidade nos protocolos dos diversos fabricantes tem dificultado a necessidade crescente de interconexão de seus equipamentos, de diferentes tecnologias, nos projetos de automação integrada de uma indústria.
Com o propósito de se criarem padrões, várias entidades e organizações internacionais, tais como a ISO, IEC, IEEE,ANSI, entre outras, tem apresentado proposta/modelos de padronização. FIELD BUS, que objetiva interligar equipamentos primários localizados no campo, ou seja, junto ao processo, com o nível superior de controle e supervisão. São considerados equipamentos primários, transdutores e atuadores "inteligentes", incluindo controladores de motores, e até pequenos CP's ou remotas de E/S.
Um dos padrões que está sendo adotado de forma mais veemente é o PROFIBUS (norma DIN 19245 partes 1 e 2). Os grandes fabricantes europeus adotaram este padrão e já possuem equipamentos que se comunicam nesta rede.
Para comunicação do CP com E/S remotas foi criado o PROFIBUS-DP (norma DIN 19245 parte 3).

SUPERVISÃO E CONTROLE:

Um sistema de controle de um máquina, conjunto de máquinas ou processo, pode configurar-se de diversas formas: individualmente, centralizado ou distribuído.
A definição e adoção da forma mais adequada, vai depender, também, de uma avaliação dos diversos aspectos envolvidos, tais como, complexidade do sistema, flexibilidade desejada, nível de redundância, integração, manutenabilidade, custo, etc.
O que vale a pena destacar, é que o controlador programável, independentemente da configuração adotada, aparece como uma excelente opção, como equipamento de controle. Os recursos de software para funções de sequenciamento e intertravamento, controle de malha aberta e fechada, bem como, a disponibilidade de distribuição do controle, através das redes de comunicação e dos seus módulos especiais inteligentes, permitindo, desta forma, a implementação parcial ou total da redundância no sistema, confirmam nossa afirmação.
Os sistemas modernos de automação industrial estão sendo baseados em arquiteturas verticalmente distribuídas, conforme a figura8.
A implementação do nível de supervisão do controle do processo, ou seja, da interface homem-processo, assume, também, papel muito importante dentro desta estrutura hierárquica de controle. Evidentemente, existem várias maneiras de implementação, e a utilização de CP's, no nível de controle, possibilita tais opções. Autilização dos tradicionais painéis sinópticos de controle, em função da ocupação em demasia, muitas vezes, do espaço disponível, bem como, pela pouca flexibilidade para possíveis alterações, tem sido preterida.

Figura 8 - Arquitetura de um sistema de automação

A opção que vem se apresentando como bastante atraente, sendo cada vez mais empregada, tanto no mercado internacional como brasileiro, é a utilização dos microcomputadores e seus periféricos, como interface homem-processo.
O êxito da utilização deste equipamento em conjunto com CP's, é decorrente da sua série de vantagens proporcionadas:

- ambiente de hardware e software propício para o desenvolvimento de programas dedicados às funções de supervisão, tendo em vista, o bom suporte de software, especificamente linguagens de programação de alto nível;
- capacidade de memória e velocidade de processamento adequadas à maioria das aplicações;
- modularidade e portabilidade dos programas;
- facilidade de acréscimo de novas funções e de manutenção das já existentes;
- linguagem gráfica de fácil manuseio para construção de telas de sinópticos de processos, etc.;
- custo relativamente baixo.

A tendência verificada é a da utilização de microcomputadores compatíveis com o IBM-PC. A forma construtiva destes microcomputadores depende basicamente do local onde será instalado. Podendo ser um micro industrial de mesa, uma workstation com monitor e teclado incorporado, ou uma placa que pode ser conectada no próprio Rack do CP.

As principais funções implementadas pelo microcomputador são as seguintes:

- Apresentação de sinópticos do processo, com atualização dinâmica dos valores reais e teóricos das variáveis controladas;
- Apresentação de frontais de instrumentos, com informações relativas a cada malha, tais como, limites de alarme, ponto de ajuste (set-point), parâmetros de controle (ganhos), etc.;
- Registro de tendência (representação gráfica x tempo), em tempo real, das variáveis controladas;
- Registro de tendência histórica, através da armazenagem das informações anteriores, com apresentação sob solicitação ou freqüência pré-determinada;
- Registros de alarmes (ocorrências, conhecimento e retorno ao normal), e eventos (troca de estado das malhas, alteração de set-points, limites de alarmes, etc), com indicação da data, hora e descrição do evento ou alarme;
- Hard-copy das telas em impressoras;
- Manutenção de biblioteca de procedimentos padrão, para ser consultada pelo operador em caso de tomadas de decisão;
- entre outras.

A adoção de dois microcomputadores acoplados à rede de comunicação, com subdivisão de atribuições, bem como, a possibilidade de operação backup de cada um deles, ou seja, o controle integral de um no caso de uma falha do outro, é uma prática largamente empregada.

TERMINOLOGIA:

A terminologia apresentada abaixo é normalmente utilizada com Controladores Programáveis.

ACOPLADOR ÓPTICO - Dispositivo que acopla os sinais de um circuito eletrônico a um outro através de radiação eletromagnética (luz).
ALFANUMÉRICO - Informações que consiste em caracteres alfabéticos, numéricos ou especiais.
ALGORITMO - Um procedimento passo a passo para resolver um problema, as vezes usado com relação a um programa de software.
AND ou E - Operação que gera um “1" lógico se e somente se todas as entradas forem “1". Na programação em diagramas de contatos, representa-se a operação E como um circuito em série.

ASSINCRONO - Não ligado a um clock (funciona fora das restrições do clock da CPU).
AUTODIAGNÓSTICO - O hardware e firmware dentro de um controlador, permitem que ele monitore seu próprio estado e indique qualquer falha que possa ocorrer dentro dele.
BAUD RATE - Uma medida de comunicação de transmissão serial de dados. É o número de bits transmitidos por segundo, incluindo bits de "partida" e "parada".
BACKUP - Fonte de energia adicional cuja finalidade é reter as informações contidas em memórias voláteis (RAM), em caso de falha na alimentação do CP.
BCD - Valor decimal codificado em binário. Um sistema de codificação em que cada dígito decimal de 0 a 9 é representado por quatro dígitos binários (bits).
BINÁRIO - Um sistema de numeração que usa somente os algarismos "0" e "1". Também chamado base "2".
BIT -Um dígito binário; o menor elemento de dados digitais que pode ter o valor "0"u"1"
BIT DE PARIDADE - Um bit adicional acrescentado a uma palavra de memória para tornar a soma do número de "1" em palavra de paridade par ou impar.
BUFFER - Registro para armazenamento temporário de dados que pode permitir que os dados saiam em tempos ou taxas diferentes dos dados de entrada.
BURN - Operar um dispositivo a uma temperatura elevada para aumentar a probabilidade de que qualquer defeito do dispositivo cause uma falha. Utiliza-se no controle de qualidade de equipamentos eletrônicos.
BUS - Grupo de linhas para transmissão ou recepção de um grupo de bits associados para transferência ou controle de dados.
BYTE - Um grupo de 8 dígitos binários (bits) operados como uma unidade.
CANAL DE E/S - É um único circuito de entrada ou saída de uma unidade de E/S.
Cada dispositivo de entrada ou saída do usuário é conectado a um canal de E/S.
CAPACIDADE ARITMÉTICA - A capacidade de executar operações aritméticas com o processador.
CARACTERE - Um símbolo de um conjunto de símbolos elementares, tais como uma letra do alfabeto ou um número decimal. Os caracteres podem ser expressos em muitos códigos binários.
CHAVE THUMBWHEEL - Uma chave numérica rotativa , usada para introduzir informações numéricas em um controlador.
CHECKSUM - (verificação de soma) Faz a auto-diagnose de toda memória do sistema.
CLOCK - Sinal básico para marcar o tempo. Os pulsos de clock são gerados periodicamente através do sistema e são usados para sincronizar a operação do equipamento.
CÓDIGO ASCII - (Código Padrão de Intercâmbio de Informações). Código Padrão usado em transmissão de dados, em que cada um dos 128 números, letras, símbolos e códigos de controle especiais, representado por um número binário de 7 bits.
CÓDIGOS MNEMONICOS - Nomes simbólicos para instruções, registros, endereços,etc.
COMPLEMENTO - mudança de "1" para "0" e "0" para "1".
CONTATO - Uma das partes que transmitem corrente de um relê chave ou um conector que são acoplados ou deslocados para abrir ou fechar circuitos elétricos.
CONTATO NORMALMENTE ABERTO - Um par de contatos que fica aberto quando a bobina de um relê não estiver energizada.
CONTROLE DISTRIBUÍDO - Um sistema de divisão de controle do processo ou da fábrica em diversas áreas de responsabilidade, cada uma administrada pelo seu próprio Controlador Programável, estando o conjunto todo interconectado através de bus de comunicação.
CONVERSOR DIGITAL/ANALÓGICO (D/A) - Dispositivo para converter uma palavra digital em sinal de tensão ou corrente analógica equivalente.
CP - Abreviação de Controlador Programável.
CPU -(Unidade Central de Processamento) - A parte de um Controlador programável que controla a interpretação e execução de instruções.
DIAGRAMA DE CONTATOS - Um diagrama que mostra os símbolos dos componentes reais e a configuração básica de fiação de um circuito lógico a relê.

DIAGRAMA LÓGICO - Um desenho que representa graficamente as funções lógicas E, OU, NÃO, etc. ...
DIGITAL - Uma referência para representação de dados por sinais discretos, como a presença ou ausência de um nível de sinal para indicar “1" ou “0" (dados binários). É também um tipo de alfanuméricos discretos e de forma completa.
DIGITO SIGNIFICATIVO - Um dígito que contribui para a precisão de um número.
DISQUETE - Placa circular fina e flexível de Mylar com uma superfície de óxido magnético na qual os dados são gravados em trilhas e da qual se pode ler os dados.
DISPLAY DE SETE SEGMENTOS -Um formato de display que consiste em sete barras dispostas de forma tal que cada dígito de 0 a 9 pode ser mostrado energizando-se duas ou mais barras.
DISPOSITIVO DIGITAL - Um dispositivo eletrônico que processa os sinais elétricos que tem apenas dois estados, como ligado ou desligado, tensões alta ou baixa.
DISPOSITIVO DE SAÍDA - Dispositivos como solenóides, partidas elétricas, lâmpada, etc... que recebem dados do Controlador Programável.
DOCUMENTAÇÃO - Uma coleção ordenada de dados gravados sobre hardware e software, tais como: esquemas, listagens, diagramas, etc ... para oferecer informações de referência para aplicação, operação e manutenção do CP.
E/S (“I/0”) - Abreviação de entrada/saída (“input/output”)
EDITAR - Modificar deliberadamente o programa armazenado do usuário.
EEPROM ou E2PROM - Memória apenas de leitura, programável, não volátil, que pode ser apagada eletricamente e reprogramada.
EPROM - Memória apenas de leitura, programável, não volátil, que pode ser apagada através de exposição da memória a uma fonte de luz ultravioleta e reprogramada.
EQUIPAMENTO PERIFÉRICO - Equipamentos que podem se comunicar com o CP.
EX. Terminal de vídeo, microcomputador, impressora, gravador k-7, unidade de programação, etc...
EXECUÇÃO - A realização de uma operação específica tal como seria realizada através do processamento de uma instrução, de uma série de instruções ou de um programa completo.
EXCLUSIVE OR ou “OU EXCLUSIVO” (XOR) - Operação lógica entre dois dígitos binários que gera um resultado “1" se é somente se um dos dois dígitos tiver o valor “1" e, caso contrário, gera um resultado “0".
FIRMWARE - Software que foi tornado parte do hardware e transparente para o usuário. Ex.:Colocando-se o mesmo na ROM.
FLOPPY DISK - Vide Disquete.
FORÇAMENTO DE E/S - O processo de ultrapassar o estado verdadeiro de uma entrada ou saída. Essas funções normalmente é usada como uma ferramenta na depuração durante a partida (startup) do CP.
HAND SHAKING - Comunicação nos dois sentidos entre dois dispositivos para efetuar uma transparência de dados (isto é entre dois CP’s).
HARDWARE - Os dispositivos mecânicos, elétricos e eletrônicos que compõem um CP e os componentes aplicativos.
INSTRUÇÃO - Um comando que fará um CP executar uma certa operação prescrita.
INTERFACE - Unidade para conectar um CP aos dispositivos de aplicação do usuário.
ISOLAMENTO ELÉTRICO DE E/S - Separação dos circuitos de campo dos circuitos de nível lógico do CP, normalmente feito com isolamento óptico.
JUMP - Mudança na seqüência da execução das instruções do programa, alterando o contador do programa.
LCD - (Display de cristal líquido). Um display que consiste basicamente de um cristal líquido hermeticamente vedado entre duas placas de vidro.
LINGUAGEM DE ALTO NÍVEL - Linguagem poderosa orientada para o usuário, tal como uma linguagem compiladora ou interpretador altamente capaz.
Ex.: Fortran, BASIC, C, Pascal, etc.

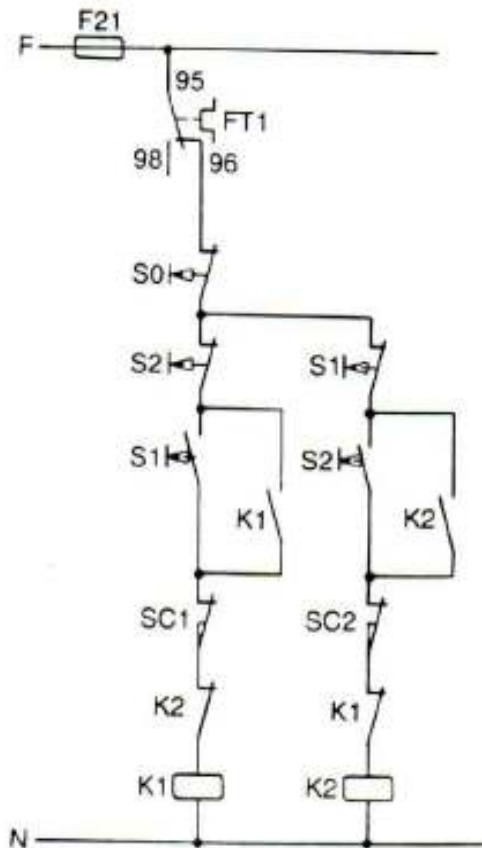
LINGUAGEM - Um conjunto de símbolos e regras para representar e comunicar informações (dados) entre as pessoas, ou entre pessoas e máquinas.
LINGUAGEM - Uma documentação impressa, tal como uma linguagem de contatos, lista de instrução, ou outro tipo de material impresso pelo programa.
LOCALIZAÇÃO (ÁREA) - Em relação a memória, em uma posição de armazenamento ou registro especificado por um endereço.
LÓGICA - Um processo de resolver problemas complicados através do uso repetido de funções simples que definem conceitos básicos. Três funções lógicas básicas são: E, OU e NÃO.
LÓGICA COMBINACIONAL - Circuito em que as saídas digitais dependem da combinação das entradas.
LOOP DE CORRENTE OU ELO DE CORRENTE - Uma interface de transmissão/recepção a dois fios na qual a presença de um nível de corrente de 20 mA indica dados (“1") e sua ausência indica nenhum dado (“0").
MARCADOR - Saída interna do CP que não é usada para acionar diretamente um dispositivo externo. Cada marcador é identificado por um único endereço atribuído pelo usuário. Também conhecido como bobina interna ou flag.
MEMÓRIA - Memória é um agrupamento de elementos de circuito que tem capacidade de armazenamento e recuperação. Ela fornece localizações para armazenamento temporário ou permanente de dados digitais.
MEMÓRIA DE DADOS OU MEMÓRIA DE RASCUNHO - Uma memória de alta velocidade usada pela CPU para armazenar temporariamente uma pequena quantidade de dados de forma que os dados possam ser recuperados rapidamente quando necessário.
MEMÓRIA NÃO VOLÁTIL - Uma memória cujos dados armazenados não se apagam pela interrupção de energia durante a operação.
MEMÓRIA VOLÁTIL - Uma memória cujo conteúdo se perde irrecuperavelmente quando acaba a energia de operação.
MICROCONTROLADORES - Um pacote de lógica eletrônica digital, em geral em uma única pastilha (chip), capaz de efetuar a execução da instrução, controle e processamento de dados associados com a CPU do CP.
MICROSSEGUNDO (μs) - Um milionésimo de segundo (0,000001 s).
MILISSEGUNDO (ms) - Um milésimo de segundo (0,001 s)
NAND ou “NÃO E” - Operação lógica que gera “0" se e somente se todas as entradas forem “1" (verdadeiras). Uma operação E negada.
NIBBLE - Grupo de 4 dígitos binários (bits).
NÍVEL LÓGICO - A grandeza de tensão associada com pulsos de sinal que representam os uns ou zeros (“1" e “0").
NOR ou “NÃO OU” - Operação lógica que gera “1" se e somente se todas as entradas forem “0" (falsas). Uma operação OU negada.
NOT OU “NÃO” - Operação lógica que gera “1" se e somente se a entrada for “0" e gera “0" se a entrada for “1".
NVRAM - (Memória de Acesso Aleatório Não Volátil). Um tipo especial de memória RAM que não perde seu conteúdo devido a perda de alimentação. Não é preciso bateria com esse tipo de memória.
OPERAÇÃO SERIAL - Tipo de transferência de informação pelo qual os bits são manipulados seqüencialmente e não simultaneamente como ocorre em uma operação paralela.
OPERAÇÃO ON-LINE - Operação em que o CP está controlando diretamente a máquina ou processo na fase de edição e depuração do programa.
OPERAÇÃO PARALELA - Tipo de transferência de informações em que todos os dígitos de uma palavra são manipulados simultaneamente.
OPERAÇÃO BOOLEANAS - Operações lógicas tais como E, OU, NÃO, ou EXCLUSIVO (baseado em lógica de dois estados, “1" ou “0").
OR ou “OU” - Operação lógica que gera “1" se qualquer uma das entradas for “1" (verdadeira).

PALAVRA BINÁRIA - Um agrupamento de uns e zeros que tem significado por posição, ou valor numérico no sistema binário de números. Ex.: 10010011 é uma palavra binária de oito bits.
PALAVRA - O número de bits necessários para representar uma instrução do CP, ou o número de bits necessários para representar o maior elemento de dados processados pelo CP.
PROCESSAMENTO DISTRIBUÍDO - O fornecimento de responsabilidades a diversos processadores que trabalham dentro de um mesmo sistema, e que operam ou mesmo nível de responsabilidade de controle ou como parte de um esquema hierárquico de controle.
PROGRAMA - Uma seqüência de instruções a serem executadas pelo processador para controlar uma máquina ou processo.
PROGRAMA DE DIAGNÓSTICO - Programa especial para verificar a operação adequada do CP.
PROGRAMADOR - Um dispositivo para inserir, monitorar, editar um programa ou parametrizar dados em um CP.
RAM - (Memória de Acesso Randômico). Memória de leitura/escrita.
RECONHECIMENTO (ACKNOWLEDGE) - Sinal de controle para indicar a aceitação de dados de um processo de E/S. Este sinal pode ser feito via Software ou Hardware.
REGISTRADOR DE DESLOCAMENTO - Memória de armazenamento temporário na qual os dados de informação são deslocados uma ou mais posições de maneira contínua.
REGISTRADOR DE DESLOCAMENTO ASSINCRONO - Um registrador de deslocamento que não exige clock. Os segmentos de registrador são carregados e deslocados somente na entrada de dados.
REGISTRO - Um dispositivo de armazenamento para armazenar temporariamente um grupo de bits.
RELÉ - Um dispositivo operado eletricamente que comuta mecanicamente circuitos elétricos.
ROM - Memória apenas de leitura. Uma memória em que a informação é armazenada permanentemente durante sua fabricação.
RS-232C - Uma norma para a transmissão de dados através de um par de fios trançados; ela define atribuições de pinos, níveis de sinal, etc...
SAÍDA - Informação transferida do CP através dos módulos de saída para controlar dispositivos de saída.
SIMBOLOGIA DE CONTATO - Também conhecida como de escada, ela expressa a lógica do controlador, programada pelo usuário.
SOFTWARE - Programas de instruções, incluindo os programas operacionais do sistema (executivos) e programas introduzidos na memória pelo usuário (aplicativos).
SOFTWARE APLICATIVO - Programa desenvolvido pelo usuário o qual é responsável pelas operações e controle da máquina e/ou processo. Este programa normalmente é armazenado em memória não volátil e está disponível ao usuário para modificações.
SOFTWARE OPERACIONAL OU SISTEMA OPERACIONAL - Programa responsável pelo gerenciamento das funções internas de controle de um CP. Este programa é armazenado em memória não volátil e não está disponível ao usuário.
TEMPO DE EXECUÇÃO - O tempo total exigido para a execução de uma operação específica.
TEMPO DE VARREDURA - O tempo necessário para executar completamente o programa do CP uma vez, incluindo atualização de E/S.
UNIDADES DE ENTRADA/SAÍDA - Interface entre o processador do CP e os dispositivos externos conectados pelo usuário para comunicação de dados de entrada e saída do processador.
UNIDADE LÓGICA ARITMÉTICA - Circuito para combinar operados e operadores a fim de executar, por exemplo: adição, subtração, divisão, multiplicação, operações lógicas, deslocamento e complementação.
VARREDURA DE E/S - O tempo necessário para que o processador do CP monitore todas as entradas e controle todas as saídas.
VARREDURA DE PROGRAMA - O tempo necessário para que o processador execute uma vez todas as instruções no programa.

WATCHDOG - Uma combinação de Hardware e Software que age como um esquema de intertravamento, desligando as saídas do CP do processo, na hipótese de um mal funcionamento do sistema.

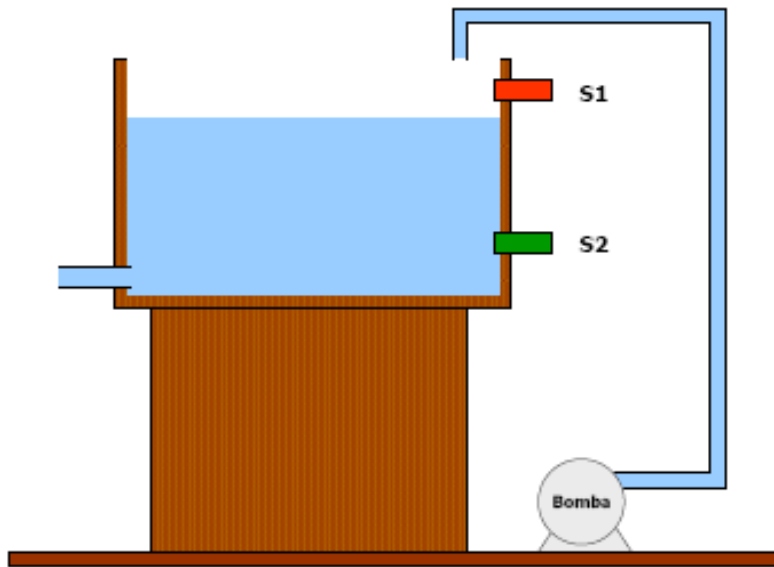
Exercícios:

1 - Partida direta com reversão por chave fim-de-curso:

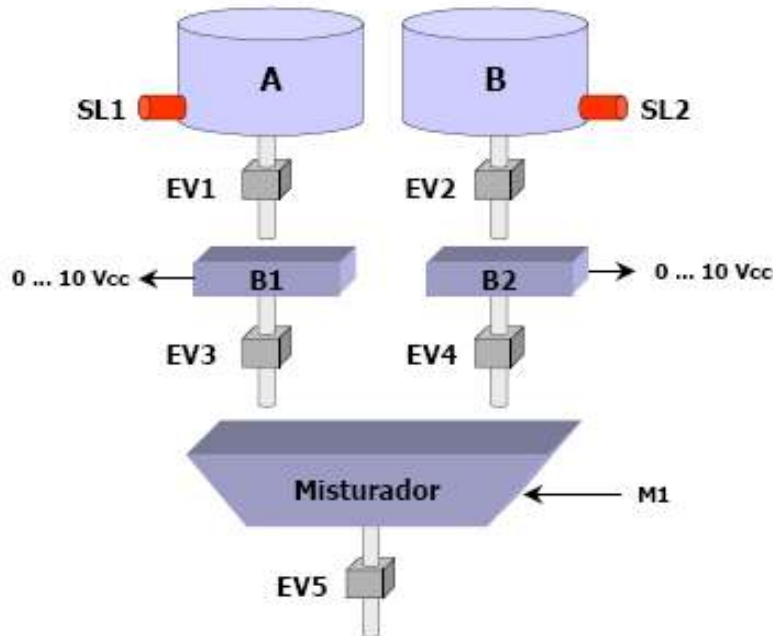
- Considere a figura abaixo e elabore um aplicativo que reproduza o comando elétrico representado;

2 - Sistema automático de irrigação:

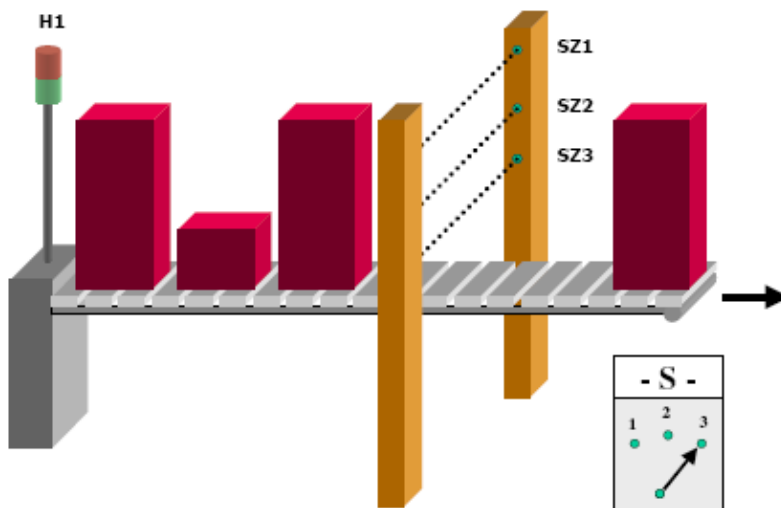
- Temos que controlar a irrigação de uma pequena horta onde são cultivadas três culturas diferentes;
- Três eletroválvulas controlam a irrigação das culturas, denominadas respectivamente, EV1 (Cultura A), EV2 (Cultura B) e EV3 (Cultura C).
- A *Cultura A* requer irrigação constante, controlada apenas por um sinal vindo de um sensor fotoelétrico SF1 (NA) (fechando na presença de luz);
- A *Cultura B* deve ser irrigada todos os dias, às 06:30 horas, durante 5 min, e às 18:30 horas, durante 10 min.
- A *Cultura C* deve ser irrigada durante 25 min, entre o horário das 13:00 horas às 18:00 horas, desde que, o sensor fotoelétrico SF1 esteja ativado.
- Caso seja necessário, o sistema automático poderá ser desativado por uma chave seletora S1 (NA).

3 - Controle de nível (ON/FF):

- Deseja-se controlar o nível de uma caixa d´água entre um valor máximo e mínimo;
- Existem para isto dois sensores de nível, respectivamente, **S1** (NA) (nível máximo) e **S2** (NA) (nível mínimo);
- Para enchermos esta caixa, usamos uma bomba centrífuga que será ligada ou desligada pelo ***CLIC*** ® em função do nível da caixa;
- Se o sensor **S2** estiver aberto, a bomba é ligada;
- Permanecendo assim até que o sensor **S1** seja ativado;
- Quando **S1** é ativado, a bomba é desligada;
- Permanecendo assim até que o sensor **S2** abra novamente;
- Este controle automático pode ser desligado manualmente por um interruptor **L1**.

4 - Comando para um misturador:

- Considere dois reservatórios, conforme a figura abaixo, contendo dois tipos diferentes de ingredientes, que deverão ser misturados a fim produzir uma massa.
- Ao ser pressionado um botão liga "**I**" (pulsador NA), se os sensores de nível **SL1** (NA) e **SL2** (NA) estiverem fechados, as válvulas **EV1** e **EV2** deverão ser ativadas;
- A válvula **EV1** deve permanecer acionada até que a balança **B1** envie um sinal equivalente a **7,5 Vcc**;
- A válvula **EV2** deve permanecer acionada até que a balança **B2** envie um sinal equivalente a **4,5 Vcc**;
- Assim que **EV1** e **EV2** forem desativadas, deve ser contado um tempo de **3 s**;
- Após decorrido este tempo de 3 s, as válvulas **EV3** e **EV4** devem ser ativadas durante **15 s**, e o motor **M1** (misturador) deve ser acionado durante **2 min**;
- Decorridos **2 s** após o desligamento do motor **M1**, a válvula **EV5** é ativada por **15 s**, terminando o ciclo de operação;
- Este ciclo de operação será repetido enquanto não faltar nenhum dos dois ingredientes.
- Caso o nível de um dos dois reservatórios esteja abaixo do mínimo, indicado pelos sensores de nível **SL1** e **SL2**, dois sinaleiros, respectivamente, **SHA** ("A" vazio) e **SHB** ("B" vazio) deverão indicar qual dos dois reservatórios precisa ser reabastecido;
- A indicação dada pelos sinaleiros é piscante, ficando 1 s ligado e 1 s desligado;

- Uma vez iniciado o processo, não poderá ser interrompido antes que um ciclo completo de operação seja executado.

5 - Selecionadora de caixas:

- Em uma esteira são transportadas caixas de três tamanhos diferentes (***tamanho 1***, ***tamanho 2*** e ***tamanho 3***);
- As caixas passam por três sensores ópticos **SZ1**, **SZ2** e **SZ3** (barreira de luz);
- A operação inicia, após ser pressionado um botão liga "**I**" e é interrompido pelo botão desliga "**O**";
- A escolha do tamanho da caixa a ser selecionada é definido por uma chave seletora de três posições (contatos NA denominados **S1**, **S2** e **S3**);
- Assim se for selecionado o ***tamanho 1***, a esteira deve parar e ativar um sinaleiro **H1**, se for detectada uma caixa no ***tamanho 2*** ou ***tamanho 3***;
- Nesta situação a caixa no tamanho indesejado será retirada manualmente pelo operador, que deverá reiniciar a operação pressionando novamente o botão liga "**I**";
- Obs.: A esteira é acionada pelo motor de indução **M1** (sistema de partida: SSW)

Na pratica iremos utilizar o PLC AL1000 da Altus, segue abaixo um pequeno guia:

```
Rele' de Pulso
--------------

                              +------+
                            --+ PLS +--
                              +------+

     A  instrucao  RELE  DE PULSO,  quando tem o  estado  de  sua
entrada alterado de desenergizado para energizado,  gera um pulso
na saida com a duracao de uma varredura de programa.

     A instrucao pode ser utilizada apenas oito vezes em um unico
programa  e nao pode ser usada dentro da zona de atuacao  de  uma
bobina de salto.
```

```
Rele Mestre / Fim de Rele Mestre
-----------   ------------------
                  +-----+              +------+
                -++ RM ++-     /     -++ FRM ++-
                  +-----+              +------+

     As  instrucoes  RELE MESTRE e FIM DE RELE MESTRE  podem  ser
programadas  apenas  uma  vez em cada logica e  sempre  ocupam  a
coluna 7 de uma das linhas da mesma.

     As  instrucoes em questao atuam em conjunto,  definindo  uma
regiao  que  abrange desde a logica seguinte `aquela  onde  esta'
declarada a instrucao RELE MESTRE (RM) ate' a logica onde existir
a instrucao FIM DE RELE MESTRE (FRM).
```

```
     A   instrucao  RM, quando  tem  sua  entrada  desenergizada,
provoca a desenergizacao de todos os ramos conectados `a esquerda
na  barra  logica do diagrama de reles ate `a logica  onde  esta'
presente a instrucao FRM.

     Estas instrucoes atuam sempre na logica seguinte a que estao
declaradas.
```

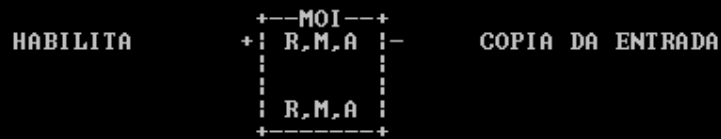
```
                          Movimentadores
                          --------------
  Movimentacao
  ------------

                          +--MOV--+
             HABILITA    +| R,M,K |-    COPIA DA ENTRADA
                          |       |
                          |       |
                          | R, M  |
                          +-------+

     Esta instrucao permite que valores binarios sejam deslocados
  no programa do usuario no instante de sua execucao.

     Quando  utilizada  para modulos  de oito  pontos,  transfere
  apenas valores entre 0 e 255.  A imagem dospontos de E/S nunca e'
  afetada.
```

Movimentador de Imagem

```
                          +--MOI--+
          HABILITA       +| R,M,A |-      COPIA DA ENTRADA
                          |       |
                          |       |
                          | R,M,A |
                          +-------+
```

Esta instrucao permite a transferencia de octetos (8 bits) de operandos entre as memorias imagem de reles (R), auxiliares (A) e memorias (M).

No caso de operandos M, somente seus 8 bits menos significativos sao considerados, enquanto os 8 mais significativos permanecem inalterados.

Movimentador de Tabela

A instrucao MOVIMENTACAO DE TABELA permite a execucao de duas funcoes: leitura e escrita de um conteudo de/em uma tabela.

Leitura de Conteudos de Tabelas

```
                          +--MOT--+
          HABILITA      -+|       |-    COPIA DA ENTRADA
                          | Txxxx |
                          |       |
                          | M, K  |-    INDICE INVALIDO
                          |       |
                          | M,R,A |
                          |       |
                          +-------+
```

Esta instrucao permite ler o conteudo de uma posicao da tabela XX apontada por uma memoria ou constante e carrega'-lo em uma memoria, octeto imagem de E/S ou octeto auxiliar.

1a. celula	Especifica o numero da tabela a ser lida
2a. celula	Especifica o numero da posicao (K) a ser lida ou a memoria (M) que contem este numero.
3a. celula	Especifica para onde o conteudo da posicao deve ser transferido: MXXXX, RXXX0 ou AXXX0

Escrita de Conteudos em Tabelas

```
                          +--MOT--+
          HABILITA       +|       |-    COPIA DA ENTRADA
                          | M,R,A |
                          |       |
                          | M, K  |-    INDICE INVALIDO
                          |       |
                          | Txxxx |
                          |       |
                          +-------+
```

Esta instrucao permite escrever um conteudo em uma posicao da tabela XX apontada por uma memoria ou constante. Este conteudo pode estar em uma memoria, octeto imagem de E/S ou octeto auxiliar.

1a. celula	Especifica de onde o valor deve ser transferido
2a. celula	Especifica o numero da posicao (K) a ser alterada na tabela ou a memoria (M) que contem este numero
3a. celula	Especifica o numero da tabela para onde sera' transferido o conteudo

Se o valor da segunda celula for maior que a posicao mais alta da tabela, a transferencia nao sera efetuada e a saida INDICE INVALIDO e'acionada, sendo desenergizada quando ocorre uma operacao valida ou quando a instrucao e' desabilitada. Ao ser reabilitada, se uma destas condicoes continuar valida, a saida permanece ligada.

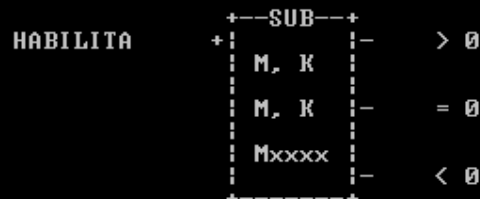
Aritmeticas

Soma

Quando a entrada do bloco e' energizada, os operandos especificados nas duas primeiras celulas sao somados e o resultado armazenado no operando da terceira.

Embora os operandos parcela possam ser do tipo constante ou memoria, o operando soma deve, necessariamente, ser do tipo memoria.

Se a soma exceder o valor maximo armazenavel numa memoria (9999), o resultado final sera' 9999 e a saida ESTOURO sera' energizada. Se, neste momento, a entrada HABILITA for desenergizada, a saida ESTOURO permanecera' ligada.

Subtracao

Quando a entrada HABILITA e' energizada, o operando da segunda celula e' subtraido do operando da primeira, e o resultado e' armazenado na memoria especificada na terceira celula.

Os operandos da primeira e segunda celulas podem ser do tipo constante ou memoria.

As linhas de saida > 0, = 0 e < 0 podem ser usadas para comparacoes e sao acionadas de acordo com o resultado da operacao de subtracao. Quando o resultado e' negativo, a saida < 0 e' acionada e a memoria do resultado recebe o valor absoluto da subtracao.

Multiplicacao

Quando a entrada HABILITA e' energizada, ocorre a multiplicacao do conteudo de memoria ou constante especificado na primeira celula pela memoria ou constante especificado na segunda.

O resultado e' armazenado na memoria especificada na terceira celula. Caso este exceda o valor maximo armazenavel em uma memoria (9999), o resultado final sera' 9999 e a saida ESTOURO sera' energizada. Se, neste instante, a entrada HABILITA for desenergizada, a saida ESTOURO permanecera' ligada.

Divisao

Esta instrucao e' comandada pela entrada HABILITA.

Quando a entrada HABILITA e' energizada, ocorre a divisao do operando da primeira celula pelo da segunda, sendo o resultado armazenado na memoria especificada na terceira celula.

Os operandos da primeira e segunda celulas podem ser do tipo memoria ou constante.

O primeiro operando pode assumir qualquer valor entre 0 e 9999, mas o segundo somente entre 0 e 255. O resultado tera' valores entre 0 e 9999, sendo o resto da operacao armazenado na memoria M0000.

Quando e' tentada a divisao por 0, o valor 9999 e' armazenado na memoria destino e a memoria M0000 nao e' alterada.

Contadores

Contador Unidirecional

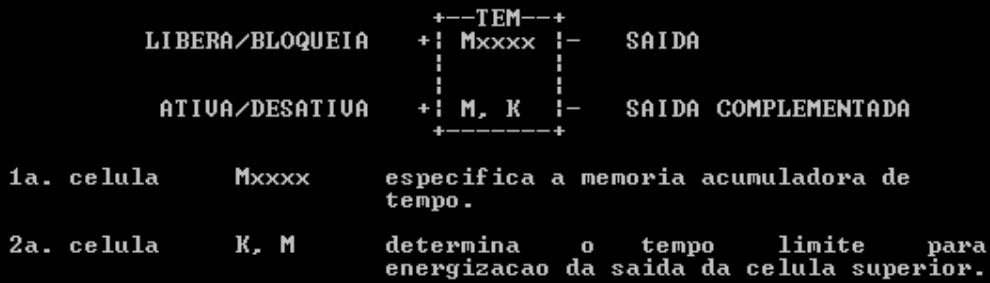
```
                      +--CON--+
           CONTA     +| Mxxxx |-     SAIDA
                      |       |
                      |       |
  ATIVA/DESATIVA     +| M, K  |-     SAIDA COMPLEMENTADA
                      +-------+
```

1a. celula	Mxxxx	especifica a memoria que contabiliza os eventos.
2a. celula	K, M	estabelece o valor limite de contagem para energizacao da saida da celula superior.

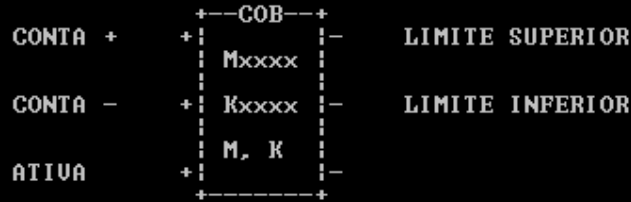
```
Temporizador
------------

                            +--TEM--+
         LIBERA/BLOQUEIA   +| Mxxxx |-   SAIDA
                            |       |
                            |       |
          ATIVA/DESATIVA   +| M, K  |-   SAIDA COMPLEMENTADA
                            +-------+

1a. celula     Mxxxx     especifica a memoria acumuladora de
                         tempo.

2a. celula     K, M      determina    o   tempo    limite    para
                         energizacao da saida da celula superior.
```

```
Contador Bidirecional
---------------------

                          +--COB--+
              CONTA +    +|       |-    LIMITE SUPERIOR
                          | Mxxxx |
                          |       |
              CONTA -    +| Kxxxx |-    LIMITE INFERIOR
                          |       |
                          | M, K  |
              ATIVA      +|       |-
                          +-------+

     Esta instrucao permite contagens em ambos sentidos, isto e',
incrementa  ou  decrementa  o conteudo de  um  operando  do  tipo
memoria.
```

```
1a. celula            Memoria acumuladora

2a. celula            Especifica    o   valor  do   incremento  /
                      decremento

3a. celula            Especifica   em  operando tipo  memoria  ou
                      constante o valor limite de contagem.

     A   contagem  ocorre  sempre  que a  entrada  ATIVA  estiver
energizada e uma das entradas CONTA passar do estado 0 para 1.

     Se,  ao contar de forma a incrementar Mxxxx,  este  operando
torna-se  igual  ou  superior ao indicado no  limite,  a  memoria
acumuladora recebe o valor do limite e a saida LIMITE SUPERIOR e'
ligada.
```

```
     Se,  ao contar de forma a decrementar Mxxxx,  este  operando
torna-se  igual ao inferior a 0 (zero),  a memoria acumuladora e'
zerada e a saida LIMITE INFERIOR e' ligada.

     Se  ambas  as saidas LIMITE SUPERIOR e LIMITE  INFERIOR  nao
estao ligadas, a saida da terceira celula e' ligada.

     Se  em  um  mesmo ciclo ambas as entradas CONTA  mudarem  de
estado  de  0  para 1,  tudo se passara'  como  se  nao  houvesse
contagem.

     Estando  a entrada ATIVA no estado 0,  a memoria acumuladora
e' zerada e a saida LIMITE INFERIOR ligada.

     Saliente-se  ainda  que  o  valor  maximo  de  incremento  /
decremento e' de 255.
```

Tabelas

Carrega Tabela

Cada uma das 63 tabelas (numeradas de 1 a 63) disponiveis pode ter 64 posicoes (numeradas de 0 a 63) que armazenam valores numericos ou octetos binarios. O numero total de posicoes de todas as tabelas utilizadas em um programa nao pode ultrapassar 640, exceto no CP AL-1000/512, onde o numero total pode chegar ate' 3007 posicoes.

O numero de posicoes de cada tabela deve ser declarado no inicio do programa na tabela 0.

A instrucao CT possibilita o preenchimento de uma tabela com valores determinados pelo programa, sendo atuada neste quando a a entrada HABILITA e' energizada.

1a. celula	Txxxx	Especifica o numero da tabela a ser carregada
2a. celula	Kxxxx	Especifica o numero de posicoes da tabela
3a. celula	TABELA	E' o conteudo a ser carregado na tabela

O preenchimento do conteudo na 3a. celula e' realizado, em cada posicao, com o auxilio das teclas de deslocamento.

Cada logica pode ter uma instrucao CARREGA TABELA (CT), devendo ser localizada sempre na coluna 7.